

Akdeniz havzasında bitkilerin kuraklık ve yangına uyumları

Çağatay TAVŞANOĞLU & Behzat GÜRKAN

Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Bölümü, Ekoloji Anabilim Dalı
06532 Beytepe-Ankara-Türkiye ctavsan@hacettepe.edu.tr

Özet

Akdeniz iklimlerinin tipik bir özelliği olan yaz kuraklığı, Akdeniz havzasına bu yönde uyumsal özellikleri olan bitki türlerinin yerleşmesine neden olmuştur. Yaz kuraklığı ve havzaya erken dönem insan yerleşimi, bu bölgede yangın sıklığını artıran etmenler olduğundan Akdeniz havzasında bulunan bitki türleri yangına karşı da bazı uyumsal özellikler geliştirmiştir. Bu çalışmada, Akdeniz havzası bitkilerinin kuraklığa ve yangına karşı geliştirmiş oldukları uyumsal ya da önuyumsal özellikler, bu iki ekolojik etmen ve insan etkisi gözönüne alınarak irdelenmiştir.

Bulduru Sözcükleri: Akdeniz havzası, insan etkisi, uyum, yangın, yaz kuraklığı

Adaptations of plants to drought and fire in Mediterranean basin

Abstract

Summer drought, a typical property of Mediterranean climates, cause that plant species which have adaptations to drought could be established to Mediterranean basin. Since summer drought and early human settlement to the basin are factors increasing fire frequency in this region, Mediterranean plant species also evolved adaptations to survive fire. In this review, adaptations or pre-adaptations of Mediterranean basin plants evolved against drought and fire discussed with taking into consider these two ecological factors and also human effect.

Keywords: Adaptation, fire, human effects, Mediterranean basin, summer drought

Giriş

Dünya üzerinde 30. ve 40. kuzey ve güney enlemleri arasında yer alan Akdeniz ikliminin hakim olduğu bölgelerin tipik ekosistemleri, Akdeniz tipi ekosistemler olarak tanımlanmıştır. Dünyada Akdeniz tipi ekosistemler, Kaliforniya ve Şili'nin Büyük Okyanusa bakan kıyılarında, Güney Afrika'nın Kap bölgesinde, Avustralya'nın batı ve güney kesimlerinde ve Akdeniz havzasında yer alır (1, 2).

Bu ekosistemlerin konumlarının ortak özellikleri, hepsinin bağlı oldukları kıtaların batı ya da güneybatı kısımlarında yer alıyor olmaları ve bu bölgelerin okyanuslarla bağlantılı olduğu yerlerde soğuk okyanus akıntılarının bulunmasıdır. Bu soğuk okyanus akıntıları, Akdeniz tipi ekosistemlerin bulunduğu bölgelerde yazın görülen kurak koşulların oluşumunu sağlamaktadır (2). Bunun sebebi, soğuk su akıntılarının bulunduğu bölgeler üzerindeki hava kütlelerinin, sıcak kara üzerine hareketlerinin bu hava kütlelerinin ısınmasına sebep olmasından dolayı az yağış bırakmalarındadır (3).

Akdeniz ikliminin vejetasyon açısından en önemli özelliği, daima mevcut olan bir kurak devrenin bulunması ve bu devrede yüksek sıcaklıkla birlikte görülen çok az miktardaki yaz yağışıdır (4). Bu iklimdeki yaz kuraklığının süresi ve şiddeti ekolojik açıdan çok önemlidir ve bitkiler üzerinde son derece etkilidir (5).

Bu bölgeler, yazın kurak olmalarına karşın, kışın yağışlıdır. Bu yağış rejimi, rüzgar kuşaklarının yıllık kayma hareketi sonucu bölgenin yazın subtropikal yüksek basınç alanlarının, kışın ise batı rüzgarları-siklonlar kuşağının etkisinde kalmasının sonucudur (3, 6). Akdeniz yağış rejiminin bir özelliği de, aylık ve yıllık yağış miktarlarında bir yıldan diğerine düzensizlikler görülmesidir (4, 7).

Aslında Akdeniz yağış rejimi, genel olarak kıtaların batı kıyılarında gelişmiştir ve bu rejim kıyıda kıta içlerine doğru gidildikçe zayıflamakta olup kıtaların doğusunda mevsim rüzgarlarının da etkisiyle tümünden kaybolmaktadır. Akdeniz, Atlas okyanusu etkisinin kıtanın içlerine kadar sokulmasına izin verdiği için; yazları kurak, kışları yağışlı tipik Akdeniz yağış rejimi, Akdeniz çevresinde de gelişebilmiştir (3). Kaliforniya, Şili, Kap bölgesi ve güney Avustralya'da ise kıyıya paralel dağların bulunmasından dolayı bu yağış rejimi iç kısımlara kadar ulaşmamakta ve dar bir kıyı şeridiyle sınırlı kalmaktadır.

Akdeniz tipi ekosistemlerin tipik kurakçıl vejetasyonu farklı bölgelerde farklı adlarla anılmaktadır: Bu kurakçıl bitki komüniteleri, Kaliforniya'da "chaparral", Şili'de "mattoral", Kap bölgesinde "fynbos", batı Avustralya'da "kwongan", Akdeniz havzasında ise "maki" olarak adlandırılmaktadır (2, 8).

Akdeniz tipi ekosistemler arasında vejetasyon tipi bakımından bir benzerliğin olduğu, uzun süreden beri (Avrupalı kaşiflerin 17.-19. yüzyıllardaki seyahatlerinden beri) bilinmektedir (1, 8). Bu bölgelerdeki bitki komünitelerinin, odunlu herdem yeşil kurakçıl çalılardan oluşması ve buralardaki floraların farklı evrimsel kökenlerden geldiği düşüncesi dolayısıyla, bu ekosistemlerin benzer iklim koşullarına uyum sağlayarak benzer bir vejetasyon fizyonomisine ulaştıkları, yani konvergent evrim geçirdikleri yaygın olarak kabul edilmiştir (9). Ancak, bu bölgeler arasında fizyonomide, tür zenginliğinde, yangına morfolojik uyumda, fenolojide, biyokütlede ve produktivitede belirgin farklılıklar olduğu belirtilerek, Akdeniz tipi ekosistemler arasındaki bu konvergensi görüşü bir 'mit' olarak değerlendirilmiş ve aslında bir benzerlik bulunduğu, ancak bunun oldukça az ya da yüzeysel olduğu vurgulanmıştır (8). Buna ek olarak, tohum çimlenme ekolojisi açısından Akdeniz havzasının diğer Akdeniz tipi ekosistemlerden farklılık gösterdiği ve bu konuda bir konvergensenin söz konusu olmadığı da belirtilmiştir (10). Gerçekten de, biyocoğrafik çalışmalar, Kaliforniya ve Akdeniz havzası civarında bulunan herdem yeşil kurakçıl vejetasyonun, aslında, Akdeniz iklimi oluşmadan çok önceki bir kurakçıl vejetasyonun kalıntıları olduğunu ortaya koymuştur (11).

Akdeniz tipi ekosistemlerde, potansiyel yakıt birikim hızının, bozunma hızından daha fazla olması, yangının bu bölgelerde önemli bir etmen olarak karşımıza çıkmasını sağlamaktadır (12). Buna ek olarak, yaz kuraklığının (13) ve özellikle Akdeniz havzasında, insan yerleşiminin (14) ve kurutucu rüzgarların (15) etkileri de yangının bu bölgelerde ekolojik bir müdahale etmeni olmasını sağlamaktadır.

Akdeniz havzası, 1.64 milyon yıl önce Akdeniz iklimi bu bölgede ortaya çıktığından beri, birçok insan türüne (sırasıyla *Homo erectus*, *Homo sapiens neanderthalis* ve *Homo sapiens sapiens*) ev sahipliği yapmıştır. Daha önce avcı-toplayıcı bir yapı gösteren insan toplumları, yaklaşık 12.000 yıl önce değişik alet

teknolojilerinin gelişmeye başlamasıyla yerleşik bir tarım toplumuna geçmeye başlamışlardır (2). Anadolu ve Ortadoğu'daki birçok toplumda ise 7000 yıl önce tarım iyice ilerlemiş ve evcilleştirilen hayvan türlerinin sayısı da oldukça artmıştır (16). İnsanlar, o dönemlerden beri evcilleştirdikleri hayvanlara otlayacak alanlar ve yeni tarım alanları açmak amacıyla yangını kullanmışlardır (2, 17-19).

Günümüzde, Akdeniz havzasında bulunan ekosistemler üzerine insan etkisi, eskisinden daha yoğun olarak devam etmektedir. İnsanoğlu artık, turizm alanı açma amaçlı ya da terör kaynaklı yangınlar da çıkarmaktadır. Ayrıca büyük ölçüde insanın endüstriyel faaliyetlerinin neden olduğu küresel iklim değişikliği de yangın sıklığını artıran etmenlerden biridir (14). Akdeniz havzasında meydana gelen yangınların çok küçük bir yüzdesi doğal yangınlar olup çoğunluğu insanın kasıt ya da ihmalinden kaynaklanmaktadır (1, 14, 17, 20).

İnsanoğlu, Akdeniz havzasındaki faaliyetlerinin bir sonucu olarak artan yangın sıklığı karşısında, bu yangınları önlemeye yönelik çalışmalar yapmak zorunda kalmıştır. Ancak, daha önceki yıllarda çoğunlukla yalnızca yangını söndürmeye ve önlemeye yönelik çalışmalar uygulanmakla birlikte, yangının doğal bir bileşen olduğu bu bölgelerde salt yangın önleme çalışmalarının, aslında ekosisteme zararlı bir faaliyet olduğu anlaşılmıştır (21). Salt yangınla mücadele anlayışı, ekosistemde yangının rolünü gözardı etmektedir ve Akdeniz havzasındaki ülkelerde olduğu gibi sık yangına maruz kalan alanlarda, kontrollü yangınlar da iyi bir yönetim aracı olarak karşımıza çıkmaktadır (12). Yakın zamanlarda yangın, ekosistemlerin yönetiminde bir araç olarak kullanılmakta ve artık birçok bölgede yangın yönetimi anlayışına geçilmeye başlanmaktadır (22).

Akdeniz havzasında bitkilerin kuraklığa uyumları

Akdeniz havzasında bulunan herdem yeşil kurakçıl bitkiler, tüm Avrasya'daki diğer herdem yeşil kurakçılar gibi geç Eosende güney Avrasya'nın "Tethyan" bölgesi (Tetis denizi civarı) boyunca genişleyen kurak iklime uyum sağlamış eski defne ormanlarında bulunan bitkilerden köken almıştır (11). Bugün Akdeniz havzasında bulunan Akdeniz iklimi ise Pleistosen'deki erken buzullaşmalardan hemen sonra ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla Akdeniz havzasında bulunan kurakçıl vejetasyon, Akdeniz ikliminden daha eskidir (11). Pleistosen'deki buzularası

dönemlerde, Anadolu'nun büyük bir kısmının subtropikal bir iklimin etkisi altına girmesiyle bazı Akdeniz elementleri Kuzey Anadolu'ya göç edebilmiş olup bugün bu türler uygun habitatlarda relik olarak yaşamaktadır (18).

Akdeniz havzasında bulunan kurakçıl bitkilerin çoğunun karakteristik bir özelliği, yıl boyunca yapraklarını dökmeyip yeşil olarak kalmalarıdır. Aslında bu ilk bakışta tam olarak kuraklığa bir uyum olarak düşünülmemeyebilir. Ancak Akdeniz yağış rejimindeki değişkenlikten (4) dolayı ne zaman kuraklığın geleceği ya da ne zaman yağışın olacağı kestirilememektedir. Bu nedenle su kaybından korunma açısından belli bir çevresel uyarıya dayanarak yaprak dökme Akdeniz ikliminin bulunduğu bölgelerde uyumsuz değildir (9).

Herdem yeşillik, yağıştaki öngörülemezlik sorununu çözmekte ve ayrıca bitkiler yapraklarını dökmeyip her mevsim yeşil kalarak tüm yıl boyunca üretim sağlamaktadır. Bu sayede de rekabet açısından bir avantaj elde etmektedirler (9). Dolayısıyla herdem yeşillik, aynı zamanda azot ve fosfor ulaşılabilirliği düşük olan Akdeniz tipi ekosistemlere bir uyumdur (13, 23).

Herdem yeşillik, bir yandan yağışın zamanlamasındaki değişkenlik sorununu çözerken diğer yandan kurak dönem geldiğinde bitkilerin aşırı buharlaşmadan dolayı su stresine girmesi sorununu yaratmaktadır. Ancak Akdeniz havzasında bulunan kurakçıl vejetasyondaki birçok bitki türü, Akdeniz ikliminin vejetasyon açısından en önemli özelliği olan şiddetli yaz kuraklığından kaynaklanabilecek su kaybını önleyebilecek ya da suya daha kolay ulaşmayı sağlayabilecek uyumsuz özelliklere sahiptir. Derin kök sisteminin ve fidelerde hızlı kök gelişiminin bulunması, yaprakların indirgenmesi (yaprak yüzeyinin küçültülmesi ve yaprakların diken şeklinde olması), koruyucu dış örtüye (koruyucu tüylere, kalınlaşmış kutikula ve kitinleşmiş epidermise) sahip olma bu özelliklerden bazılarıdır. Çizelge 1'de bu uyumsuz özellikler ve bunlara örnek olarak bazı bitki türleri verilmiştir.

Çizelge 1. Akdeniz havzasında bulunan bitkilerin kuraklığa karşı geliştirmiş oldukları bazı özellikler.

Uyumsal Özellik	Örnek	Kaynak
Derin kök sistemi	Çoğu türde	(9)
Fidelerde hızlı kök gelişimi	<i>Pinus brutia</i> <i>Pinus halepensis</i>	(24, 25)
Yaprak yüzeyini küçültme	<i>Erica manipuliflora</i> <i>Pinus brutia</i>	(5, 9)
Yaprakların kaybolması ya da diken şeklinde olması	<i>Calicotome villosa</i> <i>Genista acanthoclada</i> <i>Spartium junceum</i>	(5)
Koruyucu tüylerle kaplı olma	<i>Cistus</i> spp. <i>Lavandula stoechas</i>	(5)
Kalınlaşmış kütikula	<i>Arbutus unedo</i> <i>Cercis siliquastrum</i> <i>Laurus nobilis</i> <i>Olea europea</i> <i>Phillyrea latifolia</i> <i>Pistacia lentiscus</i>	(1, 9)
Kitinleşmiş epidermis	<i>Myrtus communis</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Pistacia terebinthus</i> <i>Phillyrea latifolia</i> <i>Quercus infectoria</i> <i>Rhamnus punctatus</i>	(1, 5)
Stomaların kontrolü	Çoğu türde	(9)
Güneş ışınlarının gelişine göre yapraklarını paralel hale getirme	<i>Cercis siliquastrum</i>	(5)
Özel su tutucu gövdeye ya da organlara sahip olma	<i>Euphorbia tirucalli</i>	(5)

Akdeniz havzasında bitkilerin yangına uyumları

Akdeniz ikliminin tipik bir özelliği olan şiddetli yaz kuraklığı, Akdeniz havzasında yangın sıklığını artıran önemli bir etmendir (13). Yüksek sıcaklık ve düşük miktarda yağışla birlikte düşük nem koşullarının bulunması, ormanda bulunan yanıcı maddeleri yangına karşı daha duyarlı hale getirmekte ve yangın çıkma olasılığını artırmaktadır (26).

Yangın, Akdeniz havzası vejetasyonunu şekillendiren ekolojik bir etmen olduğundan bu bölgede bulunan bitki türlerinin evriminde önemli bir role sahiptir (27). Bilindiği gibi, doğal seçme tüm bilinen uyumları açıklayabilir (28). Dolayısıyla Akdeniz havzasında bitkilerde bulunan uyumsuz özelliklerin uzun yıllar süren bir doğal seçim sürecinin bir sonucu olduğu söylenebilir (15). Sık yinelenen yangınlar, Akdeniz havzasında bulunan bitki türleri üzerinde bir seçme baskısı oluşturarak bu bitkilerin yangına karşı bazı uyumsuz özellikler evrimleşmesini sağlamıştır.

Dayanıklı kabuk oluşturma

Akdeniz havzasında bulunan bitkilerin yangından en azından yüzey yangınlarından canlı olarak kurtulabilmesinin yolu, önemli dokularını koruyarak bu dokuların letal sıcaklığa kadar ısınmalarını önlemektir (20).

Quercus suber türünde yüzey yangınlarında dayanıklı kabuk bulunması (19) buna bir örnek olarak verilebilir. *Q. suber*, sahip olduğu gövde yumruları sayesinde yangından sonra yeniden filizlenebilmekte ve Akdeniz havzasında yerüstü filizlenme kapasitesi olan tek türdür (29). Bilindiği gibi türler, yalıtıcı kabuk yoluyla kambiyumu ve meristematik hücrelerini yüksek ısıdan koruyabilmektedir (20). Yangından sonra *Q. suber*'deki mortalitenin, oldukça düşük olduğu ve sahip olduğu kabuk kalınlığı ile türün yangından sonra kendini yenileyebilmesi arasında pozitif bir ilişki olduğu gösterilmiştir (29).

Pinus brutia'nın (30) ve *P. canariensis*'in (31) sahip olduğu kalın kabuk da, yüzey yangınlarına karşı geliştirilmiş uyumsuz bir özellik olarak değerlendirilebilir.

Yeniden filizlenme

Akdeniz havzasında ve diğer Akdeniz tipi ekosistemlerde bulunan birçok bitki türü, yangından sonra toprak altı vejetatif organlarından filizlenme yoluyla rejenere olabilme yeteneğine sahiptir (9, 23, 25, 32).

Toprağın 5 cm'den daha derin kısmında bulunan bitki dokuları, önemli bir sıcaklık artışına nadiren maruz kalırlar. Bu sayede yangından sonra yeniden filizlenme yeteneğine sahip olan bitkiler, yerüstü vejetatif parçalarını kurban ederek toprak altı gövdelerini ve meristematik hücrelerini yalıtıcı toprak yoluyla korurlar (20). Ancak yeniden filizlenme bitkiler arasında çok yaygın bir özelliktir (33) ve muhtemelen yangından canlı bir şekilde kurtulmaya önuyumdur (34, 35).

Yangından sonra yeniden filizlenme yoluyla rejenere olan bitkilerin fideleri, yangın sonrasında alana başarılı bir şekilde yerleşemezler ve popülasyonlarının artması ve fidelerinin alana yerleşmeleri ancak yangının yokluğunda, uygun nem ve sıcaklık koşullarında gerçekleşir (33, 36). Bunun sebebi, bu bitkilerin tohumlarının yüksek ısıya dayanıklı olmamasından dolayı toprakta ancak geçici bir tohum bankası oluşturabilmeleridir (33).

Yangınla uyarılan çimlenme

Tohum dormansisi ve yangından sonra yoğun miktarda çimlenme, özellikle Akdeniz ikliminin bulunduğu bölgelerdeki çoğu çalı türünün karakteristik bir özelliğidir (23).

Sıcaklıkla uyarılan çimlenmeye sahip türlerde dormansi, su ve gazların alışverişini engelleyen tohum kabuğu tarafından sağlanır. Sıcaklık şoku, bu sert dış örtüyü çatlatır ya da eritir ve suyun geçişine izin verir (23, 33). Deneysel olarak tohumları sıcaklık şokuna maruz bırakılan birçok türde bu mekanizmanın işlediği, eşzamanlı olarak yapılan tohum yüzeyinin mekanik olarak parçalanması deneyleriyle de kanıtlanmıştır (37, 38). Sıcaklıkla uyarılan çimlenme, Akdeniz havzasında bulunan birçok bitki türü için karakteristiktir (10, 39, 40).

Yangınla uyarılan çimlenme, yüksek sıcaklıkla uyarılma mekanizması dışında, yanmış odunun ortamda bulunmasıyla (41, 42) ve duman yoluyla (43, 44) kimyasal olarak da gerçekleşir. Akdeniz havzası dışındaki Akdeniz tipi ekosistemlerde

yapılan deneysel çalışmalarda, bitki kütlesinin yanması sırasında ortaya çıkan kimyasalların birçok türde tohum dormansisini kırıp çimlenmeyi uyardığı gösterilmiştir (33, 45). Ancak bunun fizyolojik mekanizması henüz tam olarak açığa kavuşmamıştır (46).

Akdeniz havzasında ise yanmış odunun çimlenmeye etkisi ile ilgili olarak tek bir çalışma yapılmış ve bu çalışmada incelenen 22 türden sadece birinin (*Lavandula stoechas*) yanmış odunun mevcudiyetiyle çimlenmesinin uyarıldığı bulunmuştur (10). Akdeniz havzasında dumanın çimlenmeye etkisi ile ilgili olarak ise henüz bir çalışma yapılmamıştır.

Yangın sonrası tohum çimlenmesinin kontrolüne külün etkisi de araştırılmıştır. Akdeniz havzasında yapılan çalışmalarda, kül tabakasının birçok bitki türünün çimlenmesini inhibe ettiği ortaya konmuştur (47-50). Ancak, yalnızca, daha önce yangın sonrası çimlenmesini düzenleyen etmenlerin bilinmediği (33) *Rhus coriaria* türünde, çimlenmenin yalnızca külün bulunduğu yerlerle sınırlanmış olduğu da gösterilmiştir (51).

Bazı türlerde, yangından sonra yoğun bitki örtüsünün ortadan kalkmasıyla yere ulaşan ışığın kalitesinde ortaya çıkan değişimin de tohum çimlenmesini indüklediği belirtilmiştir (52, 53). Ancak Akdeniz havzasında sıcaklık şokuyla çimlenmenin uyarıldığı türlerde, ışık kalitesinin çimlenme üzerine herhangi bir etkisi görülmemiştir (10, 54).

Birçok farklı mekanizma ile gerçekleşmesine karşın, yangınla uyarılan çimlenmeye ışığın etkisi hariç Akdeniz tipi ekosistemler dışında örnek bulmak zordur (23).

Tohum tutma ve yangınla uyarılan tohum salınımı

Tohumlar, dormant bir halde ve çoğunlukla dehidrate olmuş hücreleri içerir ve bu özellikleri sayesinde yüksek sıcaklıklara bir miktar direnç gösterebilir. Ancak tohumların yangına dayanabilmeleri için mutlaka doğrudan sıcaklıktan korunmaları gerekmektedir. Bu ise iki yolla gerçekleşebilir: toprağa gömülmüş olarak bulunma ya da bitkinin taç kısmındaki meyveler içinde saklanma (20).

Tohum tutma (“serotiny” ya da “bradyspory”), Akdeniz tipi ekosistemlerde yangına karşı geliştirilmiş bir başka uyumsal özelliktir. Tohum tutma, bir yangın meydana gelene kadar tohumların ağacın taç kısmında saklanması olup (7, 23) genel olarak bir ağaçta bir yıldan fazla süre boyunca kalan meyve ve kozalakları ifade eder.

Akdeniz tipi ekosistemlerin çoğunda tohum tutan türlerle karşılaşmakta ancak Akdeniz havzasında bu özellik sadece bazı çamlarda örneğin *Pinus halepensis* ve *P. brutia*'da bulunmaktadır (7). Akdeniz çamlarının taç kısmındaki bu tohum bankası, yangına karşı kozalaklar içinde korunmuş ve çimlenebilir bir halde uzun yıllar kalabilmektedir (30, 55-61). Kozalak pulları arasında bulunan reçine, bu pulları birbirlerine yapıştırarak sıkı bir yapı oluşturmaktadır. Yangın sıcaklığının etkisiyle de bu reçine erimekte ve yangından sonra kısa bir sürede nem kaybının etkisiyle kozalaklar açılarak tohumlar rüzgarla çevreye dağılmaktadır (59, 62).

Yangının olmadığı zamanlarda tüm kozalakların kapalı kalması, uyumluluk değerini düşürecektir. Çünkü bu dönemlerde ortaya çıkabilecek alana yerleşim fırsatları kaçırılabilir. Bundan dolayı tohum tutma seviyesi türler arasında ve türler içinde değişkenlik gösterir (23). Akdeniz havzasında yapılan çalışmalar, Akdeniz çamlarında aynı yılın kozalaklarının bir kısmının açıldığı bir kısmının ise kapalı olarak kaldığı gösterilmiştir (55). Tohum tutan çamlarda, polimorfik bir özellik gösteren tohum tutma, yangın rejimindeki değişikliğe göre birkaç nesil sonunda değiştirilebilen basit bir genetik kontrol altındadır (63).

Tohum tutma özelliğine sahip olan Akdeniz çamlarının tohumları, yangın sıcaklığına karşı dayanıksız olup (58, 64, 65) ancak kozalakların içinde bulduklarında yangın sıcaklığında canlı olarak kalabilmektedirler (66). Ayrıca yangından sonra tohumla rejenere olan diğer türlerin aksine, tohum tutan Akdeniz çamlarında yangın sıcaklığının çimlenmenin uyarılmasına bir etkisi yoktur (66).

Yangınla uyarılan çiçeklenme

Çoğu çalılıkteki türlerde çiçeklenme yangından sonra artar (13). Örneğin *Iridaceae*, *Amarryllidaceae*, *Liliaceae* ve *Orchidaceae* familyalarına ait birçok geofit türünde yangından sonra ilk yılda yoğun bir çiçeklenme görülür (19). Bu

durum sıcaklığın ya da yaprak kaybının floral gelişmeyi uyarması, yangından sonra artan üretim hızı ya da çiçeklenmeyi sağlayan kaynaklara ulaşabilirliğin artması ile ilgili olarak ortaya çıkar (13).

Ayrıca, Güney Afrika “fynbos”unda bulunan ve yangından sonra çiçeklenen bir geofit türünün (*Cyrtanthus ventricoccus*) çiçeklenmesinin dumanla uyarıldığını belirtilmiştir (67). Ancak aynı çalışmada, daha önce ileri sürüldüğü gibi dumanın bileşiminde yer alan etilen gazının bu çiçeklenmeye bir etkisi olmadığı tespit edilmiş ve bu konuda daha kapsamlı araştırmalara gereksinim olduğu da belirtilmiştir (67).

Kolay tutuşabilirlik

Mutch hipotezine göre yangına bağımlı bitki komüniteleri, yangına bağımlı olmayanlara göre yanmaya daha hazır durumdadır. Çünkü doğal seçme, onları daha kolay tutuşabilir yapan özellikler lehine işleyecektir (68). Bu hipotez, 'yangına sık maruz kalan bölgelerde bulunan bitkiler yangın sonrası üremeye yönelik uyumsal özelliklere sahiplerse, tutuşabilirlik de doğal seçme tarafından destekleniyor olmalıdır' şeklindeki çıkarsamaya dayanmaktadır (68). Ancak tutuşabilirliği sağlayan özellikler çoğunlukla seçim açısından nötrdür (69) ve kolay tutuşabilirlik, yangınla ilgili olmayan bir seçilime karşı da ortaya çıkmış olabilir (23). Örneğin Mutch hipotezini savunanların kullandığı bir özellik olan 'çam ibrelerinin dekompozisyon özelliği'nin, (30) muhtemelen tutuşabilirliği artıracak bir seçimle ilgisi yoktur (69).

Kolay tutuşabilirliği sağlayan en önemli maddeler, bitkiler tarafından oluşturulan yanıcı sekonder kimyasallardır. Bu sekonder kimyasalların çoğu çalı türünde bulunuşunun sebebi herbivorlara karşı savunmadaki rolleri ya da alelopati de olabilir (23). Bu hipotezin kabul edilebilir olması için şu üç koşulun bir arada olması gerekmektedir (69): kolay tutuşabilirliğin genetik olarak belirlenen bir karakter olması, tutuşabilir olmamanın bitkilere herhangi bir avantaj sağlamaması ve bu karakterin seçiliminin mekanizmasının gösterilebilmesi.

Yangında hızlı ve yavaş bir şekilde yanan bitkilerin, yangına sık maruz kalan ve yangına maruz kalmayan alanlarda karşılaştırmalı olarak araştırılması, belki bu hipotezi sınamaya yardım edebilecektir. Ancak bu bakımdan bile bitkiler arasında

bir varyasyon vardır. Örneğin hepsi yangına sık maruz kalan bir bölge olan Akdeniz havzasında hatta çoğunlukla aynı kommünite içinde yer almalarına karşın *Sarcopoterium spinosum*, *Pistacia terebinthus* ve *Ptilostemon chamaepeuce* gibi türler hızlı yanan; *Spartium junceum*, *Cupressus sempervirens* ve *Capparis spinosa* gibi türler ise yavaş yanan türlerdir (19).

Kolay tutuşabilirlik özelliği konusunda net bir yargıya ulaşılabilmesi için daha kapsamlı araştırmalara gereksinim vardır.

Erken yaşlarda üremeye başlama

Yangından sonra tohumla yenilenen bitki türlerinin, yeniden filizlenenlere göre dezavantajları üreme dönemlerine erişmeden çıkabilecek yeni bir yangın sonrasında alandan yerel olarak ortadan kalkma olasılıklarının bulunmasıdır. Bu nedenle tohumla yenilenen bitki türleri, üreme faaliyetlerine oldukça erken yaşlarda başlar ve bu sayede olası bir erken yangının popülasyonlarını ortadan kaldırma riskini de azaltırlar.

Pinus brutia'da 4. yaştan itibaren (56, 70), *P. halepensis*'te ise 5. yaştan itibaren (60) olgun kozalaklar görülmeye başlanır ve bu değerler, maksimum ömür uzunlukları 150 yıl civarında olan (63) bu çam türleri için oldukça erken yaşlardır. Sık yangın rejimleri altında evrimleşmeyen *Pinus nigra* ve *P. sylvestris* gibi çam türlerinin daha geç yaşlarda çiçeklenme evresine ulaşıyor olmaları, erken yaşlarda üremeye başlamanın yangına karşı geliştiğinin de bir göstergesidir (61).

Erken evrelerde üremeye başlama özelliğine, Akdeniz çamlarından başka yangından sonra tohumla yenilenen *Cistus* türlerinde de rastlanır. Ömür uzunlukları en fazla 15-20 yıl olabilen (37, 54) *Cistus* türleri yangından sonra 2. ya da 3. yıllarda çiçeklenerek üreme faaliyetlerine başlar (54, 71-74). Yangına bağımlı *Pinus* türlerine benzer şekilde *Cistus* türleri de üreme yaşına ulaşmadan ortaya çıkabilecek bir yangına karşı kendi popülasyonlarının devamlılığını garantiye alır (14).

Sonuç

Akdeniz kurakçıl vejetasyonunun kökenleri, Akdeniz ikliminden daha öncelere dayansa da havzaya erken dönemde insan yerleşiminin etkisi de göz önüne alındığında Akdeniz havzası vejetasyonunun evrimsel süreç içerisinde bitkilerin yaz kuraklığı, otlatma ve yangının etkisine karşı geliştirdikleri uyumsal mekanizmalarla şekillendiği söylenebilir.

Dolayısıyla yaz kuraklığının iklimsel açıdan etkisi, otlatmanın yanıcı sekonder kimyasallar oluşturma yönündeki baskısı ve insan faaliyetleri, Akdeniz havzasında yangının ekolojik bir etmen olmasına neden olmuş olup bu ekosistemlere yapılacak herhangi bir insan müdahalesinde yangın etmenini de göz önüne almak kaçınılmazdır.

Kaynakça

1. TÜRKAN, İ., TOKUR, S., ÖZTÜRK, M., Akdeniz ekosistemleri, **Doğa Bilim Dergisi**, A2, 9, 3, 1985.
2. BEEBY, A., BRENNAN, A.-M., **First Ecology**, Chapman & Hall, London, 1997.
3. EROL, O., **Genel Klimatoloji**, Çantay Kitabevi, İstanbul, 1999.
4. AKMAN, Y., **İklim ve Biyoiklim: Biyoiklim metodları ve Türkiye iklimleri**, Kariyer Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, 1999.
5. AKMAN, Y., **Biyocoğrafya**, Palme Yayınları, Ankara, 1993.
6. ERİNÇ, S., **Klimatoloji ve Metodları**, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 1996.
7. PAUSAS, J.G., Mediterranean vegetation dynamics: modelling problems and functional types, **Plant Ecology**, 140, 27-39, 1999.
8. BARBOUR, M.G., MINNICH, R.A., The myth of chaparral convergence, **Israel Journal of Botany**, 39, 453-463, 1990.
9. MOONEY, H.A., DUNN, E.L., Convergent evolution of Mediterranean-climate evergreen sclerophyll shrubs, **Evolution**, 24, 292-303, 1970.
10. KEELEY, J.E., BAER-KEELEY, M., Role of charred wood, heat-shock, and light in germination of postfire phrygana species from the eastern Mediterranean basin, **Israel Journal of Plant Sciences**, 47, 11-16, 1999.

11. AXELROD, D.I., Evolution and biogeography of Madrean-Tethyan sclerophyll vegetation, **Annals of the Missouri Botanical Garden**, 62, 2, 280-334, 1975.
12. KALABOKIDIS, K.D., Wildland fire management: art or science? in EFTICHIDIS, G., BALABANIS, P., GHAZI, A. (eds) **Wildfire Management** (Proceedings of the Advanced Study Course held in Marathon, Greece, 6-14 October 1997), Algosystems SA & European Commission DGXII, Athens, pp. 3-8, 1999.
13. CHRISTENSEN, N.L., The Effects of Fire on Physical and Chemical Properties of Soils in Mediterranean-Climate Shrublands, in MORENO, J.M., OECHEL, W.C. (eds) **The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems**, Springer-Verlag, New York. pp. 79-95, 1994.
14. PAUSAS, J.G., VALLEJO, R., The role of fire in European Mediterranean ecosystems, in CHUVIECO, E. (ed.) **Remote sensing of large wildfires in the European Mediterranean basis**, pp. 3-16, Springer, Berlin, 1999.
15. NEYİŞÇİ, T., Orman yangınlarına ekolojik yaklaşım, **Orman Mühendisliği Dergisi**, 1, 26-29, 1988.
16. KIŞLALIOĞLU, M., BERKES, F., **Ekoloji ve Çevre Bilimleri**, Remzi Kitabevi, İstanbul, 1994.
17. PEŞMEN, H., OFLAS, S., Ege bölgesi orman yangın alanlarında beliren ilk vejetasyon üzerinde fenolojik araştırmalar, **E.Ü. Fen Fak. İlmî Raporlar**, no: 112, 29 sf., 1971.
18. ATALAY, İ., **The paleogeography of the Near East (from late Pleistocene to early Holocene) and human impact**, Ege University Press, Bornova, İzmir, 1992.
19. AKMAN, Y., KETENOĞLU, O., KURT, L., EVREN, H., DÜZENLİ, S., **Çevre Kirliliği-Çevre Biyolojisi**, Palme Yayıncılık, Ankara, 2000.
20. WHELAN, R.J., **The Ecology of Fire**, Cambridge University Press, UK, 1995.
21. WRIGHT, H.A., BAILEY, A.W., **Fire Ecology: United States and Southern Canada**, Wiley-Interscience, New York, 1982.
22. BOTELHO, H.S., FERNANDES, P.M., Controlled burning in the Mediterranean countries of Europe, in EFTICHIDIS, G., BALABANIS, P., GHAZI, A. (eds) **Wildfire Management** (Proceedings of the Advanced Study Course held in Marathon, Greece, 6-14 October 1997), Algosystems SA & European Commission DGXII, Athens, pp. 163-170, 1999.

Ç. TAVŞANOĞLU, B. GÜRKAN

23. CHRISTENSEN, N.L., Shrubland Fire Regimes and Their Evolutionary Consequences, in PICKETT, S.T.A., WHITE, P.S. (eds) **The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics**, Academic Press, pp. 85-100, London, 1985.
24. NEYİŞÇİ, T., Kızılçamın ekolojisi. In: ÖKTEM, E. (ed.) **Kızılçam**, Ormançılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi, No:2, sf. 23-56, 1987.
25. THANOS, C.A., Fire effects on forest vegetation, the case of Mediterranean pine forests in Greece. pp.323-334. In: EFTICHIDIS, G., BALABANIS, P., GHAZI, A. (eds), **Wildfire Management** (Proceedings of the Advanced Study Course held in Marathon, Greece, 6-14 October 1997), Algosystems SA & European Commission DGXII, Athens, pp. 323-336, 1999.
26. ERON, Z., GÜRBÜZER, E., Marmaris 1979 yılı orman yangını ile toprak özelliklerinin değişimi ve kızılçam gençliğinin gelişimi arasındaki ilişkiler, **Ormançılık Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten**, no: 195, Ankara, 1988.
27. TRABAUD, L., Postfire Plant Community Dynamics in the Mediterranean Basin, in MORENO, J.M., OECHEL, W.C. (eds) **The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems**, pp. 1-15, Springer-Verlag, New York, 1994.
28. RIDLEY, M., **Evolution**, Blackwell Science, USA, 1996.
29. PAUSAS, J.G., Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire, **Journal of Vegetation Science**, 8, 703-706, 1997.
30. NEYİŞÇİ, T., Ecological adaptive traits of *Pinus brutia* Ten. to fires, in **Uluslararası Kızılçam Sempozyumu Bildirileri**, T.C. Orman Bakanlığı, Marmaris, 18-23 Ekim 1993, sf. 78-84, 1993.
31. CLIMENT, J., GIL, L., Life history of Canary Island Pine (*Pinus canariensis* Chr. Sm.) in its natural range of distribution, in **Abstract book of MEDPINE 2 (International Conference on Conservation, Regeneration and Restoration of Mediterranean Pines and their Ecosystems)**, 8-13 September, Chania, Crete, Greece, 2002.
32. GRATANI, L., AMADORI, M., Post-fire resprouting of shrubby species in Mediterranean maquis, **Vegetatio**, 96, 137-143, 1991.
33. KEELEY, J.E., Seed-germination patterns in fire-prone Mediterranean-climate regions, in ARROYO, M.T.K., ZEDLER, P.H., FOX, M.D. (eds) **Ecology and Biogeography of Mediterranean Ecosystems in Chile, California and Australia**, Springer-Verlag, New York, 1995.

34. WELLS, P.V., The relation between mode of reproduction and extent of speciation in woody genera of the California chaparral, **Evolution**, 23, 264-267, 1969.
35. LLORET, F., VERDU, M., FLORES-HERNANDEZ, N., VALIENTE-BANUET, A., Fire and resprouting in Mediterranean ecosystems insights from an external biogeographical region, the mexical shrubland, **American Journal of Botany**, 86, 1655-1661, 1999.
36. VALBUENA, L., TARREGA, R., The influence of heat and mechanical scarification on the germination capacity of *Quercus pyrenaica* seeds, **New Forests**, 16, 177-183, 1998.
37. THANOS, C.A., GEORGHIU, K., Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus* ssp. *creticus* (L.) Heywood and *C. salvifolius* L., **Plant, Cell and Environment**, 11, 841-849, 1988.
38. TRABAUD, L., OUSTRIC, J., Heat requirements for seed germination of three *Cistus* species in the garrigue of southern France, **Flora**, 183, 321-325, 1989.
39. CORRAL, R., PITA, J.M., PEREZ-GARCIA, F., Some aspects of seed germination in four species of *Cistus* L., **Seed Science and Technology**, 18, 321-325, 1990.
40. HERRANZ, J.M., FERRANDIS, P., MARTINEZ-SANCHEZ, J.J., Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean *Leguminosae* species, **Plant Ecology**, 136, 95-103, 1998.
41. KEELEY, J.E., MORTON, B.A., PEDROSA, A., TROTTER, P., Role of allelopathy, heat and charred wood in the germination of chaparral herbs and suffrutescents, **Journal of Ecology**, 73, 445-458, 1985.
42. KEELEY, S.C., PIZZORNO, M., Charred wood stimulated germination of two fire-following herbs of the California chaparral and the role of hemicellulose, **American Journal of Botany**, 73, 9, 1289-1297, 1986.
43. KEELEY, J.E., FOTHERINGHAM, C.J., Trace gas emissions and smoke-induced seed germination, **Science**, 276, 1248-1250, 1997.
44. KEELEY, J.E., FOTHERINGHAM, C.J., Smoke-induced seed germination in California chaparral, **Ecology**, 79, 7, 2320-2336, 1998.
45. KEELEY, J.E., BOND, W.J., Convergent seed germination in South African fynbos and Californian chaparral, **Plant Ecology**, 133, 153-167, 1997.
46. KEELEY, J.E., FOTHERINGHAM, C.J., Mechanism of smoke-induced seed germination in a post-fire chaparral annual, **Journal of Ecology**, 86, 27-36, 1998.

Ç. TAVŞANOĞLU, B. GÜRKAN

47. NE'EMAN, G., MEIR, I., NE'EMAN, R., The effect of ash on the germination and early growth of shoots and roots of *Pinus*, *Cistus* and annuals, **Seed Science and Technology** 21, 339-349, 1993.
48. NE'EMAN, G., MEIR, I., NE'EMAN, R., The influence of pine ash on the germination and early growth of *Pinus halepensis* Mill. and *Cistus salviifolius* L., **Water Science and Technology**, 27, 7-8, 525-532, 1993.
49. HENIG-SEVER, N., ESHEL, A., NE'EMAN, G., Regulation of the germination of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) by nitrate, ammonium, and gibberellin, and its role in post-fire forest regeneration, **Physiologia Plantarum**, 108, 390-397, 2000.
50. IZHAKI, I., HENIG-SEVER, N., NE'EMAN, G., Soil seed banks in Mediterranean Aleppo pine forests: the effect of heat, cover and ash on seedling emergence, **Journal of Ecology**, 88, 667-675, 2000.
51. NE'EMAN, G., HENIG-SEVER, N., ESHEL, A., Regulation of the germination of *Rhus coriaria*, a post-fire pioneer, by heat, ash, pH, water potential and ethylene, **Physiologia Plantarum**, 106, 47-52, 1999.
52. ROY, J., ARIANOUTSOU-FARAGGITAKI, M., Light quality as the environmental trigger for the germination of the fire-promoted species *Sarcopoterium spinosum* L., **Flora**, 177, 345-349, 1985.
53. THANOS, C.A., SKORDILIS, A., The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* seeds, **Seed Science and Technology**, 15, 163-174, 1987.
54. TRABAUD, L., RENARD, P., Do light and litter influence the recruitment of *Cistus* spp. Stands, **Israel Journal of Plant Sciences**, 47, 1-9, 1999.
55. ELER, Ü., Kızılcıamda (*Pinus brutia* Ten.) olgunlaşan kozalaklarda dökülmeyip sonraki yıllara kalan tohum durumu, **Ormancılık Araştırma Enstitüsü Teknik Rapor**, Cilt: 38, No: 55, sf. 147-168, 1992.
56. BOYDAK, M., Kızılcıamın silvikültürel özellikleri, uygulanabilecek gençleştirme yöntemleri ve uygulama esasları, **Uluslararası Kızılcıam Sempozyumu Bildirileri** içinde, T.C. Orman Bakanlığı, Marmaris, 18-23 Ekim 1993, sf. 146-158, 1993.
57. DASKALAKOU, E.N., THANOS, C.A., Aleppo pine (*Pinus halepensis*) postfire regeneration: the role of canopy and soil seed banks, **Int. J. Wildland Fire**, 6, 2, 59-66, 1996.

58. THANOS, C.A., Ecophysiology of Seed Germination in *Pinus halepensis* and *P. brutia*, in NE'EMAN, G., TRABAUD, L. (eds) **Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin**, pp. 37-50, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 2000.
59. THANOS, C.A., DOUSSI, M.A., Post-Fire Regeneration of *Pinus brutia* Forests, in NE'EMAN, G., TRABAUD, L. (eds) **Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin**, pp. 291-301, Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 2000.
60. NE'EMAN, G., GOUBITZ, S., Reproductive traits of *Pinus halepensis* in the light of fire, in **Abstract book of MEDPINE 2 (International Conference on Conservation, Regeneration and Restoration of Mediterranean Pines and their Ecosystems)**, 8-13 September, Chania, Crete, Greece, 2002.
61. TAPIAS, R., GIL, L., PARDOS, J.A., Life histories in Mediterranean pines, in **Abstract book of MEDPINE 2 (International Conference on Conservation, Regeneration and Restoration of Mediterranean Pines and their Ecosystems)**, 8-13 September, Chania, Crete, Greece, 2002.
62. DOUSSI, M.A., THANOS, C.A., The mechanism of cone opening in *Pinus halepensis* and *P. brutia* – morphology and physiology, in **Abstract book of MEDPINE 2 (International Conference on Conservation, Regeneration and Restoration of Mediterranean Pines and their Ecosystems)**, 8-13 September, Chania, Crete, Greece, 2002.
63. KEELEY, J.E., ZEDLER, P.H., Evolution of Life Histories in *Pinus*, in RICHARDSON, D.M. (ed.) **Ecology and Biogeography of *Pinus***, Cambridge University Press, 1998.
64. TRABAUD, L., OUSTRIC, J., Influence du feu sur la germination des semences de quatre espèces ligneuses méditerranéennes a reproduction sexuée obligatoire, **Seed Science and Technology**, 17, 589-599, 1989.
65. HABROUK, A., RETANA, J., ESPELTA, J.M., Role of heat tolerance and cone protection of seeds in the response of three pine species to wildfires, **Plant Ecology**, 145, 91-99, 1999.
66. CENGİZ, Y., Sıcaklık ve külün Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) tohumlarının çimlenme yeteneği ve fidan büyümesi üzerine etkileri, **Uluslararası Kızılçam Sempozyumu Bildirileri** içinde, T.C. Orman Bakanlığı, Marmaris, 18-23 Ekim 1993, sf. 90-98, 1993.

Ç. TAVŞANOĞLU, B. GÜRKAN

67. KEELEY, J.E., Smoke-induced flowering in the fire-lily *Cyrtanthus ventricosus*, **South African Journal of Botany**, 59, 6, 638, 1993.
68. MUTCH, R.W., Wildland fires and ecosystems - a hypothesis, **Ecology**, 51, 6, 1046-1051, 1970.
69. TROUMBIS, A.Y., TRABAUD, L., Some questions about flammability in fire ecology, **Acta Oecologica/Oecol. Plantarum**, 10, 2, 167-175, 1989.
70. SELİK, M., Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.)'in botanik özellikleri üzerinde araştırmalar ve bunların Halepçamı (*Pinus halepensis* Mill.) vasıfları ile mukayesesi, **İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, Seri: A, 8, 2, 161-198, 1958.
71. THANOS, C.A., MARCOU, S., CHRISTODOULAKIS, D., YANNITSAROS, A., Early post-fire regeneration in *Pinus brutia* forest ecosystems of Samos Island (Greece), **Acta Oecologica/Oecol. Plantarum** 10, 1, 79-94, 1989.
72. ESHEL, A., HENIG-SEVER, N., NE'EMAN, G., Spatial variation of seedling distribution in an early Mediterranean pine woodland at the beginning of post-fire succession, **Plant Ecology**, 148, 175-182, 2000.
73. FERRANDIS, P., DE LAS HERAS, J., MARTINEZ-SÁNCHEZ, J.J., HERRANZ, J.M., Influence of a low-intensity fire on a *Pinus halepensis* Mill. forest seed bank and its consequences on the early stages of plant succession, **Israel Journal of Plant Sciences**, 49, 105-114, 2001.
74. TAVŞANOĞLU, Ç., **Marmaris Milli Parkı'nda Yangın Sonrası Sekonder Bitki Sükseyonu Üzerine Çalışmalar**, Bilim Uzmanlığı Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara 2002.